

РАЗДЕЛ 2. ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ. ИННОВАЦИОННЫЕ ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.

С. В. Гальченко, А. С. Чердакова, А. А. Умеренкова,
Рязанский государственный университет, Рязань Россия

ФИТОРЕМЕДИАЦИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ ЦИНЕРАРИЕЙ СЕРЕБРИСТОЙ (*CINERARIA SILVERDUST L.*)

The article presents the results of experimental studies on the study of the remediation ability of cineraria silvery (*Cineraria Silverdust L.*) to biological absorption of heavy metals from the soil. The biological absorption coefficient (A_x) and the translocation coefficient (G) for four metals were considered as assessment criteria: lead, zinc, copper, cadmium.

Одной из наиболее важных экологических проблем современности является проблема загрязнения всех компонентов окружающей среды, в том числе и почв, такими опасными токсикантами как тяжелые металлы (далее – ТМ). Особенно остро данная проблема стоит в крупных промышленных городах, где сконцентрированы основные источники поступления ТМ в экосистемы [1, 2].

В последние десятилетия все больше исследователей указывают на перспективность применения в целях восстановления загрязненных ТМ почв фиторемедиационных технологий [3–5].

Фиторемедиация представляет собой целый комплекс методов очистки почв с использованием зеленых растений. В настоящее время в рамках фиторемедиационных технологий применяются различные методологические подходы, но наибольшее распространение среди них получил метод фитоэкстракции, основанный на способности ряда видов растений интенсивно поглощать из почвы и накапливать в своей фитомассе ТМ [3]. Высокий интерес к данному методу обусловлен его неоспоримыми экологическими и экономическими достоинствами, среди которых: безопасность для окружающей среды, технологическая простота и доступность, низкая стоимость, эстетическая привлекательность и др. Данное обстоятельство в последние годы служит

причиной интенсификации научного поиска новых видов растений-аккумуляторов ТМ. Однако практически все отечественные и зарубежные исследования в данном аспекте нацелены на поиск растений для ремедиации почв агроландшафтов и включению их в севооборот. Для указанных целей применяются дикорастущие растения и сельскохозяйственные культуры, такие как тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* (L.) Scop.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), горчица белая (*Sinapis alba* L.), редька масличная (*Raphanus sativus* L.) и др. [3–7]. На урбанизированных территориях, где зачастую формируются целые геохимические аномалии содержания в почвах ТМ, применять для ремедиации предлагаемые растения не представляется возможным. При этом ремедиационный потенциал декоративных цветочных культур, широко используемых для озеленения и благоустройства городских территорий, остается в настоящее время практически не изученным.

Одной из наиболее распространенных декоративных цветочных культур, применяемых в практике озеленения городов Российской Федерации, является цинерария серебристая (*Cineraria Silverdust* L.) (рис. 1).



Рис. 1. Цинерария серебристая (*Cineraria Silverdust* L.) [фото авторов]

В этой связи нами была изучена способность данной культуры к биологическому поглощению ТМ из почвы, и оценены перспективы ее использования для ремедиации загрязненных городских почв.

Для проведения исследований были заложены мониторинговые площадки в различных функциональных зонах города, существенно отличающихся уровнем антропогенной нагрузки: в селитебной – внутри жилого микрорайона, в транспортной – вдоль автомагистрали, в промышленной – в зоне воздействия промузла. С каждой из указанных площадок были отобраны пробы почвы, а также пробы надземной и подземной фитомассы произрастающей на ней цинерарии серебристой (*Cineraria Silverdust* L.). Во всех почвенных и растительных образцах атомно-адсорбционным методом определялось валовое содержание ТМ – свинца, меди, цинка и кадмия, как наиболее приоритетных загрязнителей городских почв.

В качестве критерия оценки ремедиационного потенциала цинерарии серебристой (*Cineraria Silverdust* L.) по отношению к ТМ использовался коэффициент биологического поглощения (A_x), расчет и интерпретация которого осуществлялись по формуле и шкале, предложенной А. И. Перельманом [8]:

$$A_x = K_p / K_{\pi}, \quad (1)$$

где K_p – содержание ТМ в фитомассе; K_{π} – содержание ТМ в почве.

С целью оценки закономерностей и направленности миграции ТМ в организме цинерарии серебристой (*Cineraria Silverdust* L.) для каждого анализируемого металла рассчитывался коэффициент транслокации (G):

$$G = C_n / C_{\pi}, \quad (2)$$

где C_n – концентрация ТМ в надземной фитомассе; C_{π} – концентрация ТМ в подземной фитомассе.

На начальном этапе исследований была проведена оценка содержания ТМ в почвах мониторинговых площадок. Установлено, что во всех анализируемых функциональных зонах города отмечается превышение фоновых концентраций

свинца, цинка и кадмия. Содержание меди было ниже регионального фоновому уровня. Превышений ПДК (ОДК) анализируемых ТМ в пробах почв не выявлено.

Расчет и анализ значений коэффициента биологического поглощения (A_x) ТМ цинерарией серебристой (*Cineraria Silverdust* L.) показал ее избирательность в накоплении в фитомассе того или иного металла (рис. 2).

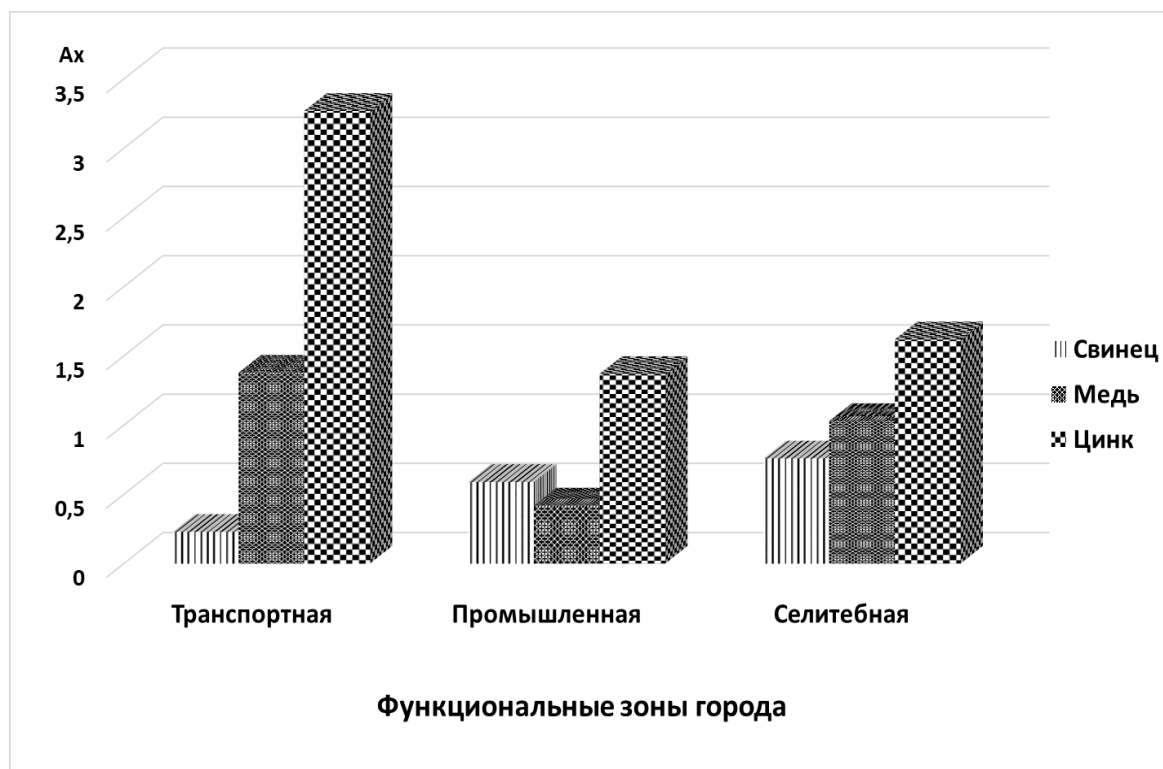


Рис. 2. Значение коэффициента биологического поглощения (A_x) ТМ Цинерарией серебристой (*Cineraria Silverdust* L.)

Проанализировав полученные значения A_x , в соответствии с классификацией рядов биологического поглощения (табл.), предложенной А. И. Перельманом [8], можно сделать вывод, что для цинерарии серебристой (*Cineraria Silverdust* L.) свинец относится к элементам слабого накопления и среднего захвата ($A_x = 0,1-1,0$), а цинк и медь ($A_x = 1,0-10,0$) к элементам сильного накопления. Кадмий по отношению к изученному растению относится к элементам слабого захвата ($A_x = 0,01-0,1$). В максимальной мере цинерарией серебристой (*Cineraria Silverdust* L.) накапливаются цинк и медь, значения A_x для данных металлов составляет 3,3 и 1,4 соответственно.

Классификация рядов биологического поглощения (по А. И. Перельману)

№ п/п	Группы элементов по интенсивности биологического поглощения	Значение коэффициента биологического поглощения (A_x)
1.	Энергичного накопления	10-100
2.	Сильного накопления	1,0-10
3.	Слабого накопления и среднего захвата	0,1-1,0
4.	Слабого захвата	0,01-0,1
5.	Очень слабого захвата	0,001-0,01

Преимущество поглощения данных элементов по сравнению с другими ТМ характерна для многих видов растений, что видимо связано с высокой биофильностью и физиологической ролью указанных металлов (участие в биосинтезе ферментов, витаминов, ростовых веществ и т.д.) [9]. Накопление свинца в фитомассе было существенно меньшим, значение A_x для него составило 0,4. По нашему мнению, данное обстоятельство обусловлено тем фактом, что свинец не играет значительной физиологической роли, а, наоборот, является токсикантом для растений и лишь захватывается ими наряду с другими рассеянными элементами. На основании вышеизложенного можно предположить, что в процессах поглощения цинерарией серебристой (*Cineraria Silverdust* L.) ТМ из почвы ведущую роль играет именно физиологическое значение элемента. При увеличении концентрации цинка и меди в городской почве будет наблюдаться их более активный «вынос» данной культурой.

Известно, что у большинства видов растений распределение загрязнителей в органах происходит неравномерно, и зависит от видовой принадлежности растений и их физиологических особенностей. Поступая в клетки, ТМ реагируют с функциональными группами белков и других соединений, что приводит к многочисленным нарушениям метаболизма и лежит в основе высокой токсичности данных элементов к растениям.

С целью оценки интенсивности миграции и распределения каждого из исследуемых ТМ между надземными и подземными органами у цинерарии серебристой (*Cineraria Silverdust* L.) нами был проведен расчет коэффициента

транслокации (G). Установлено, что исследуемые тяжелые металлы неодинаково распределяются по организму растения. Так, свинец преимущественно накапливается в надземной фитомассе цинерарии серебристой (*Cineraria Silverdust* L.). Данная культура обладает выраженным барьером для миграции свинца на границе «надземная фитомасса – подземная фитомасса» ($G = 6,9$). Цинк более-менее равномерно распределен между надземной и подземной частями растения ($G = 1,2$), а медь немного в большем количестве накапливается в корневой системе цинерарии серебристой (*Cineraria Silverdust* L.), чем в надземной ($G = 0,8$). Что касается кадмия, то достоверных результатов получить не удалось из-за слишком низкой концентрации данного металла в органах растения.

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что цинерария серебристая (*Cineraria Silverdust* L.), используемая для создания клумб и цветников во многих городах, проявляет неодинаковые ремедиационные свойства по отношению к различным ТМ. Наиболее активно растение накапливает в своих органах цинк. Исходя из того, что коэффициент биологического поглощения цинка у цинерарии серебристой (*Cineraria Silverdust* L.) достаточно высок ($A_x = 3,3$), считаем, что растение обладает хорошими ремедиационными свойствами по отношению к данному загрязнителю городских почв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гальченко, С. В. Оценка влияния техногенных выбросов на экологическое состояние урбанизированных систем (на примере города Рязани): дис. ... канд. биол. наук. – Рязань, 2002. – 160 с.
2. Ляпкало, А. А., Гальченко, С. В. Эколого-гигиенические аспекты загрязнения почвы г. Рязани тяжелыми металлами // Гигиена и санитария. – 2005. – №1. – С. 8.

3. Копчик, Г. Н. Современные подходы к ремедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами (обзор литературы) // Почвоведение. – 2014. № 7. – С. 851–868.
4. Проценко, Е. П., Неведров, Н. П., Зубкова, Т. А. Селективная фиторемедиация почв Курской области // Вестник Московского университета. – Серия 17: Почвоведение. – 2017. – № 2. – С. 32–38.
5. Кирейчева, Л. В., Ильинский, А. В., Яшин, В. М. К вопросу фиторемедиации почв, загрязненных комплексом тяжелых металлов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016. – № 4. – С. 8–13.
6. Phytoremediation Potential of Fast-Growing Energy Plants: Challenges and Perspectives / G. Rungwa, H. Arpa, A. Sakulas, D. Timi Harakuwe // Pol. J. Environ. Stud. 2020. Vol. 29. №. 1. PP. 505-516.
7. Phytoremediation of Heavy Metals: A Green Technology / P. Ahmadpour, F. Ahmadpour, T. M. M. Mahmud, Arifin Abdu, M. Soleimani, F. H. Tayefeh // African Journal of Biotechnology. – 2012. – Vol. 11. – № 76. – P. 715–733.
8. Перельман, А. И. Геохимия: Учеб. для геол. спец. Вузов / А. И. Перельман. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш.шк., 1989. – 528 с.
9. Битюцкий, Н. П. Микроэлементы высших растений: моногр. / Н. П. Битюцкий. – СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2011. – 368 с.